Untersuchungen über Muskelkraft.

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
JUN
22
1921

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

gesamten Medizin

verfaßt und einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Heinrich Feibes.

München 1916.
RUDOLPH MÜLLER & STEINICKE.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München.

Referent: Herr Geheimrat Prof. Dr. Friedrich von Müller.

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153312_0222

Schon vielfach hat sich in der Medizin das Bedürfnis nach einer Möglichkeit gezeigt, die Kraft der menschlichen Muskeln zu messen; immer wieder sind Versuche dieser Art unternommen worden, bald von Theoretikern, die das Problem von der rein physiologischen Seite her angreifen wollten, dann wieder von Praktikern, die statt mit allzu feinen, praktisch nicht brauchbare Resultate ergebenden Mitteln grobe Annäherungswerte aufzustellen versuchten. Im Laufe der Untersuchungen hat sich allmählich eine Reihe von Schwierigkeiten, die einem derartigen Unternehmen naturgemäß entgegenstehen, immer deutlicher gezeigt, es wurden immer wieder Apparate ersonnen und immer neue Standardwerte aufgestellt, deren große Differenzen von einander die Brauchbarkeit aller dieser Methoden ad absurdum führten. Immer wurde das Problem entweder von zu einseitigen Fragestellungen oder von Methoden angegangen, die es nicht erlaubten, die vielfachen Fehlerquellen auch nur annähernd auszuschalten.

In der vorliegenden Arbeit soll einmal versucht werden, die Geschichte dieses Problems und der Methoden zu seiner Lösung darzustellen, dieselben kritisch zu beleuchten, die Fragestellungen näher zu präzisieren, die Grundlagen zu einer möglichst einwandfreien Methodik zu umreissen und über vorläufige, nach diesen Prinzipien unternommene Untersuchungen mit einem neuen Apparat kurz berichtet werden.

Der I. Teil soll die bisherigen Untersuchungen auf diesem Gebiet kritisch beleuchten,

Im II. Teil die Theorie und die Voraussetzungen derartiger Untersuchungen überhaupt skizziert werden,

Im III. Teil endlich sollen die eigenen Untersuchungen zur Sprache kommen.

Es handelt sich bei der vorliegenden Untersuchung um die Bestimmung der Kraft verschiedener Muskelgruppen. Von vornherein ist da eine Reihe von Untersuchungen von der Betrachtung auszuschalten, weil die Fragestellungen dieser Methoden eine vollständig andere als die uns beschäftigende ist. Unser Augenmerk richtet sich auf die Untersuchungen der Kraft-Leistungen, nicht auf die der Arbeits-Leistungen. Die diesen beiden Untersuchungsreihen dienenden Apparate sind ihrem Wesen nach verschieden und schon durch die Bezeichung gekennzeichnet. Messer der Arbeit nennen wir: Ergographen, Messer der Kraft: Dynamometer. Hier soll es sich nur um eine Geschichte der Entwicklung dieses letzteren handeln. Die ersteren wollen

die Kraft des gesamten psychomotorischen Systems messen, die von ihm überhaupt aufgebracht werden kann. Ihre Resultate sind darum sehr komplizierte, sie enthalten die Ermüdbarkeit und die Energieverhältnisse aller Teile des Systems und passen deshalb recht gut für psychologische Fragestellungen. — Die Dynamometer suchen die einmalige Höchstleistung einer Muskelgruppe zu bestimmen. Auch hierbei sprechen psychische Dinge mit, sie sind aber auf ein möglichst geringes Maß reduziert. Es hängt vom Geschick des Untersuchers ab, durch Eingehen auf den psychischen Zustand des Patienten ein Maximum der Willensspannung herbeizuführen; es ist gewissermaßen bei Dynamometer der Schwerpunkt zum Erfolgsorgan hin verschoben, beim Ergographen zur auslösenden Seite hin. Der Untersucher hat großen Einfluß auf das Resultat durch seine Fähigkeit eine Willensspannung zu bewirken, die die restlose Entfaltung der überhaupt möglichen Leistungsfähigkeit garantiert, (auch das hängt natürlich wieder vom psychischen Zustand des Untersuchten ab).

Es sollen nur in historischer Reihenfolge die einzelnen Apparate, die mit ihnen angestellten Versuche und erreichten Ergebnisse besprochen werden und dann zusammenfassend eine Kritik gegeben werden.

Vielleicht ist es zweckmäßig, zur Vervollständigung noch mit ein paar Worten auf die absolute Muskelkraft und ihre Berechnung einzugehen. Die Definition stammt von Ed. Weber: Die absolute Muskelkraft ist gleich dem Gewicht, dessen dehnende Kraft ihr das Gleichgewicht hält; sie ist also das Gewicht, das den erregenden Muskel an der Verkürzung verhindert, selbst aber keine Verkürzung bewirkt. Weber ging vom Tierversuch zum lebenden Menschen über und bestimmte die absolute Kraft des Gastrocnemius durch folgendes Verfahren. Um die Ferse vom Boden zu lösen, d. h. den Körper auf die Capitula metatarsi zu erheben, müssen die Wadenmuskeln das Körpergewicht bewältigen, wobei sie aber an einen längeren Hebelarm angreifen als letzteres. Weber beschwerte nun den Körper solange, bis die Ferse eben nicht mehr gelöst werden konnte Das Moment des Körpergewichts + Belastung, bezogen auf den Angriffspunkt der Wadenmuskeln, stellt dann deren absolute Kraft dar, die noch durch die Summen der Querschnitte beider Muskelgruppen zu dividieren ist. Diese Querschnitte fand Weber durch Leichenuntersuchungen, die daher nur als annähernd richtig gelten können.

Seine Werte und die anderer Forscher, die mit gleicher Methodik arbeiteten, seien hier angeführt:

Absolute Muskelkraft pro cm	Untersucher
Wadenmuskeln 1,087 kg.	Weber
Wadenmuskeln 4,— kg.	Henke (korrigierter Weber'sche Versuch)
Wadenmuskeln 9—10,— kg.	Weber
Fußstrecker (Tib. ant.) 5,9 kg.	Henke und Knorz
Unterschenkelbeuger 7,78 kg.	Haugthon
Armbeuger 6,67 kg.	Haugthon
r. Armbeuger 8,991 kg.	Henke und Knorz
l. Armbeuger 7,38 kg.	Henke und Knorz
Armbeuger (Mittelwert) 8,178 kg.	Henke und Knorz
Armbeuger r. u. l. 7,4 kg.	Koster

Hermann berechnet die absolute Muskelkraft des menschlichen Gastrocnemius auf 1 cm^2 des Querschnitts eines dem im experimentellen Versuche benutzten möglichst ähnlichen Beines einer Leiche.

Querschnitt = Volumen : mittlere Faserlänge

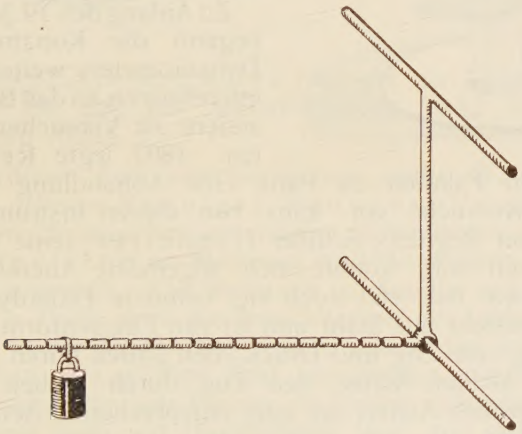
Volumen = abs. Gewicht : spec. Gewicht

Die absolute Muskelkraft ist also von der Größe des Querschnitts abhängig, sie ist dem Querschnitt porportional.

Nach Hermann ist die absolute Kraft des Gastrocnemius = 6,24 kg pro Quadratzentimeter.

Die starke Differenz dieser Werte spricht sehr gegen die Methode, abgesehen von der Unsicherheit, die bei der Bestimmung der einzelnen grundlegenden Untersuchungsbedingungen in Betracht zu ziehen sind.

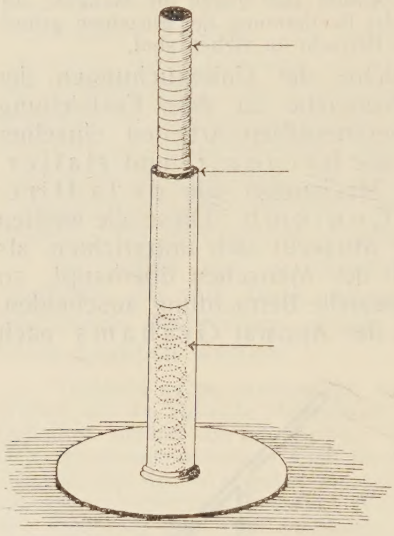
Ueberblickt man die Geschichte der Untersuchungen der Muskelkraft, so sind die ersten Versuche zu ihrer Feststellung die teils theoretischen, teils experimentellen Arbeiten einzelner Physiologen des 19. Jahrhunderts wie Bernoulli und Haller, besonders aber die Physiker und Mechaniker wie de la Hire, Schulze, Désaguliers und Coulomb. Diese alle wollten weniger über die Kraft einzelner Muskeln sich unterrichten als über die Gesamtleistungsfähigkeit des Menschen überhaupt, so daß ihre Ergebnisse für unsere spezielle Betrachtung ausscheiden. Als Beispiele ihrer Methodik sei der Apparat Grahams nach Désaguliers beschrieben.



Die 1751 konstruierte Maschine arbeitet nach dem Hebelprinzip. In einem großen Holzgestell ist ein Winkelhaken in einer Querachse beweglich befestigt. Der längere Hebelarm liegt horizontal und trägt ein schweres Laufgewicht; die Kraft wirkt am kürzeren Hebelarm. Man mißt die Armstärke eines Menschen, indem dieser mit der einen Hand den kürzeren Hebelarm gegen das hölzerne Gestell, an das er sich mit der anderen hält, zu ziehen versucht.

Von den Resultaten aller dieser Arbeiten brauchen wir wohl keine hier anzugeben.

Präziser war schon die Fragestellung, die sich der nächste Konstrukteur zur Grundlage nahm. Leroy wollte die Kraft des Händedrucks und der einzelnen Finger bestimmen. Er konstruierte ein Dynamometer, das man eigentlich als das erste bezeichnen könnte, und wenn auch seine Nachfolger seinen Apparat als zu beschränkt in der Anwendungsmöglichkeit ablehnten, sein Prinzip, die Energie des elastischen Stahles, haben sie fast alle verwendet.

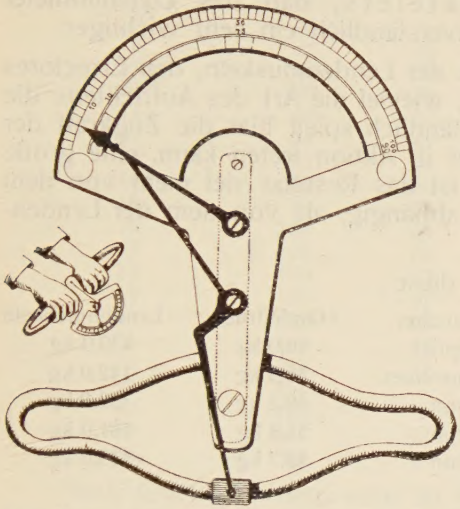


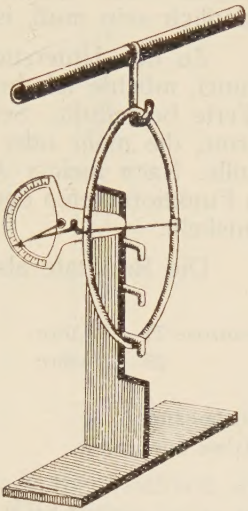
Er bediente sich einer Metallröhre, die auf einem Fuß wie ein Leuchter stand, und in ihrem Innern eine starke Spiralfeder hatte. Mit dem Finger oder der Hand drückt man einen eingeteilten Stab in die Röhre und liest an der Markierung das Maß der angewandten Kraft ab. Diese Ergebnisse sind aber von viel zu viel Zufälligkeiten abhängig, als daß sie sich Anerkennung hätten verschaffen können; Angaben über sie habe ich nicht finden können.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts begann die Konstruktion des Dynamometers weitere Kreise zu interessieren, so daß Buffon und andere zu Versuchen aufforderten. 1807 legte Regnier der medizinischen Fakultät zu Paris eine Abhandlung über seine Konstruktionversuche vor. Eins von diesen Instrumenten, das eigentlich von Regniers Schüler Harneiter seine letzte Form erhalten haben soll, konnte sich allgemeine Anerkennung erringen. Es war das jetzt noch viel benutzte Federdynamometer. Die Feder besteht aus Stahl und ist von Ellipsenform, sie erlaubt die Messung von Zug und Druck, den Druck durch Zusammenpressen der kleinen Achse, den Zug durch Ziehen an beiden Enden der großen Achse, die eine entsprechende Aenderung der kleinen bewirkt.

Die Veränderung der kleinen Achse gibt also für beide Bewegungsarten Aufschluß über die aufgewandte Kraft. Um diese Veränderung anzuzeigen, waren an der Ellipse storchschnabelartige Hebel und Gelenke befestigt, die auf einer außerhalb der Ellipse befindlichen Skala einen Zeiger spielen ließen. Man konnte so die Kraft des Händedrucks ermitteln und untersuchte ferner noch die Zugkraft der Lendenmuskulatur durch folgende Vorrichtung: in das eine Ende der großen Achse griff ein Zughacken, an dem der zu Untersuchende mit leicht gebeugtem Oberkörper zog; das andere Ende des Dynamometers wurde in ein Gestell ein-

gehackt, auf das die Versuchsperson trat. Die zum Aufrichten nötige Kraft zeigte dann den Zeiger an. Die Personen müssen selbstverständlich immer in gleichem Beugewinkel stehen.





Die Resultate Regniers (die viel zu kleine Werte ergaben) sind für Zug mit beiden Händen 50 kg für einen 25 bis 30 jährigen Mann.

Eine größere Zahl von Versuchen stellte Quetelet an, der auch die Arbeiten Regniers, Ransonnet's und Peron's kritisierte. Die Untersuchungen wurden an Studenten und Waisenmädchen (Quetelet) an Matrosen und Australiern (Peron und Ransonnet) angestellt. Die Methodik ist dieselbe wie Regniers. Quetelet's Kritik setzt die Brauchbarkeit des Instrumentes im Prinzip und in der Ausführung voraus, nur fordert er für größere Versuchsreihen eine größere Zahl verschieden großer Dynamometer, am besten für jede Person ein eigens gebautes. Sehr viel Gewicht gelegt wird auf Handlichkeit, weil von der Größe der Handfläche und von der Breite der Ellipse die Werte sehr abhängen. Wenn auch die Werte kleiner waren als die Vernunft sie fordert, hielt Quetelet sie doch für genügend begründet, um sie zu veröffentlichen.

Zuerst gibt er zusammenfassend die Werte seiner Vorgänger, die allzu verschiedene Resultate bei gleicher Methodik ergeben und deren Ueberprüfung in späteren Jahren an denselben Personen ganz andersartig ausgefallen sein sollen. Wir müssen gegen diese und gegen Quetelets Arbeit selbst einwenden, daß die Kraft des Händedrucks nicht auf Genauigkeit Anspruch

machen kann, wenn uns nicht gesagt wird, ob diese Werte Maximalwerte und Durchschnittswerte aus mehreren Uebungen sind, und wielange die Kraft auf das Dynamometer einwirken konnte. Der Einwand Quetelets, daß das Dynamometer handlich sein muß, ist selbstverständlich ein sehr wichtiger.

Zu den Untersuchungen der Lendenmuskeln, den Errectores trunci, möchte ich bemerken, wieviel die Art des Aufrichtens die Werte beeinflußt. Selbstverständlich spielt hier die Zugkraft der Arme, die mehr oder weniger in Aktion treten kann, eine große Rolle. Nach meiner Ansicht ist das Resultat viel mehr von dem in Funktion treten der Arme abhängig, als von dem der Lendenmuskeln.

Die Resultate also sind diese:

	Untersucher	Händedruck	Lendenmuskeln
Franzose 25—30 Jahre	Régnier	50,0 kg	130,0 kg
— 25—40 Jahre	Ransonnet	46,3 kg	142,0 kg
—	Péron	69,2 kg	152,0 kg
Neuholländer	Péron	51,8 kg	101,0 kg
Malaie aus Timor	Péron	58,7 kg	113,0 kg

Quetelet's Ergebnisse.

Händedruck.

	Männer			Frauen		
Jahr	bd. Hände	r.	l.	bd. Hände	r.	l.
6	10,3 kg	4,0	2,0	—	—	—
7	14,0	7,0	4,0	—	—	—
8	17,0	7,7	4,6	11,8	3,6	2,8
9	20,0	8,5	5,0	15,5	4,7	4,0
10	26,0	9,8	8,4	16,2	5,6	4,8
11	29,2	10,7	9,2	19,5	8,2	6,7
12	33,6	13,9	11,7	23,0	10,1	7,0
13	39,8	16,6	15,0	26,7	11,0	8,1
14	47,9	21,4	18,8	33,4	13,6	11,3
15	57,1	27,8	22,6	35,6	15,0	14,1
16	63,9	32,3	26,8	37,7	17,3	16,6
17	71,9	36,2	31,9	40,9	20,7	18,2
18	79,2	38,6	35,0	43,6	20,7	19,0
19	79,4	35,4	35,0	43,9	21,6	19,7
20	84,3	39,3	37,2	45,2	22,0	19,4
21	86,4	43,9	38,0	47,0	23,5	20,5
25	88,7	41,1	40,0	50,0	24,5	21,6
30	89,0	44,7	41,3	—	—	—
40	87,0	41,2	38,3	47.0	23,2	20,0
50	74,0	36,4	33,0	—	—	—
60	56,0	30,5	26,0	—	—	—

Lendenmuskulatur

Jahre	Männer	Frauen	Unterschied zwischen Männer und Frauen
6	20 kg	— kg	—
7	27	—	—
8	33	24	1,33
9	40	30	1,33
10	46	31	1,48
11	48	37	1,30
12	51	40	1,28
13	69	44	1,57
14	81	50	1,62
15	88	53	1,66
16	102	59	1,72
17	126	64	1,97
18	130	67	1,94
19	132	67	2,00
20	138	68	2,05
21	146	72	2,05
25	155	77	2,01
30	154	—	—
40	122	—	—
50	101	59	1,71
60	93	—	—

Nach Quetelet nimmt vom 30. Jahre die Kraft allmählich ab. Die Frau hat nur $^2/_3$ Kraft eines Mannes. Die rechte Seite ist stärker als die linke.

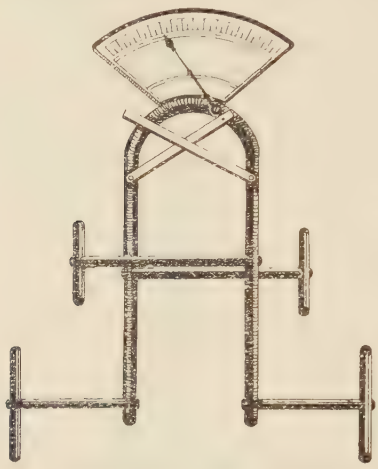
Den Wert einer genaueren Kraftmessung hielt man damals für sehr vielversprechend und so beginnen nun zahlreiche Versuche, das Instrumentarium zu vervollkommen. 1826 fand Muncke eine wesentliche Verbesserung, er verlegte Zeigersystem und Zifferblatt in das Innere der Ellipse und vermied damit die Möglichkeit der äußeren Einwirkung auf diese, z. B. bei der Untersuchung der Lendenmuskulatur den Druck der Kniee auf die Zeiger, der ja eigentlich bei exakten Versuchen nicht in Frage kommen kann, doch aber, wohl wegen seiner Häufigkeit von Quetelet besonders erwähnt wird.

Die Resultate Munche's sind nur deshalb besonderer Erwähnung wert, weil er als erster versuchte, eine Bestimmung möglichst vieler Muskel-Gruppen durchzuführen, sein Verfahren war aber so kritiklos, daß eine Angabe genügen mag.

Beide Hände ziehen am Dynamometer, das parallel zur Brust in Brusthöhle gehalten wird. Also Zugkraft beider Arme	Versuchspersonen I.	II.	III.
	44,5	31	37,5 kg

Auch andere Forscher begannen bald das Dynamometer umzuändern, bald das Zeigersystem, bald die Federform, bald die Anwendungsweise, das jetzt am meisten verwendete ist das bekannte Collin'sche Dynamometer; das an einem Ende der kleinen Achse ein Zahnrad hat, am andern eine Zahnstange, die

den Zeiger des Zifferblattes trägt. Durch Druck oder Zug in Bewegung gesetzt, schnellt er bei bei nachlassender Kraft zurück, schiebt aber einen anderen Zeiger vor sich her, der auf der Maximalzahl stehen bleibt.



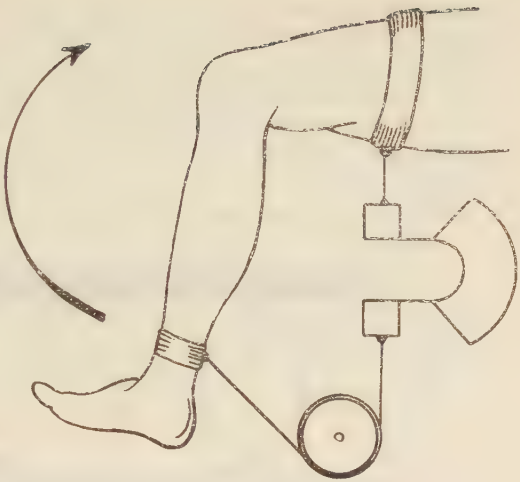
Eine unwesentliche Aenderung in der Form war die Neukonstruktion Duchenne de Boulogne 1857, der ausgedehnte Versuche über die Rückkehr der Kraft gelähmter Glieder anstellte. Leider konnte ich keine Angaben über seine Resultate finden. Er benützte eine U-förmige Feder mit langen Enden, an denen 2 verschiebliche Handgriffe befestigt sind. Sie ziehen entweder direkt die beiden Enden auseinander oder wirken wie Hebel, das gegenüberliegende Ende abdrängend. Durch Riemen können die Handgriffe auch für Zugmessungen benutzt werden. Das Verschieben der Handgriffe ermöglicht eine Abstufung der Kräfte nach dem Prinzip der langen und kurzen Hebelarme. Durch das Auseinanderdrängen der Enden der Feder wird ein Zeiger beweg' der das Maß der Kraft in Kilogramm angibt.

1882 veröffentlichte Pitres Werte über die Muskelkraft bei Normalen und Hemiplegikern, er bediente sich eines etwas geänderten Duchenne'schen Dynamometers. Er maß den Händedruck in der herkömmlichen Weise und die Kraft der Kniebeuger auf eine etwas merkwürdige Art. Er legte den Apparat in die Kniekehle und ließ ihn so zusammenpressen, natürlich paßt er nicht gut in die Form der Kniekehle und der direkte Druck auf die sich kontrahierenden Muskeln muß auch die Werte einschränken. Ueber die Ausgangsstellung sind keine Angaben gemacht, es scheint, daß nur der letzte Teil der Beugung gemessen wurde, also der Teil, der nach physiologischen Gesetzen die kleinsten Werte ergeben muß. Die Versuche wurden an kräftigen jungen Leuten angestellt.

Normalwerte Pitres 1882	Händedruck r.	l.	Kniebeuger r.	l.
20 Männer	49,2	44,6	32,5	33,2 kg
20 Frauen	29,4	26,4	9,4	20,0 kg

1883 machte R. Friedländer Kontrollversuche, nur hatte er für die untere Extremität eine bessere Anwendung, er übertrug die Kraft durch Stricke und Rollen auf den Dynamometer

(er hält den Verlust durch Reibung für O), gibt aber auch keine genaue Ausgangsstellung an. Nach einer Zeichnung geht er für die Kniebeuger fast von der Horizontalen aus, bei den Streckern fast vom rechten Winkel. Seine Resultate stammen von älteren Armenhäuslern; sind also vielleicht sehr klein, trotzdem passen sie ganz gut zu Pitres Werten.

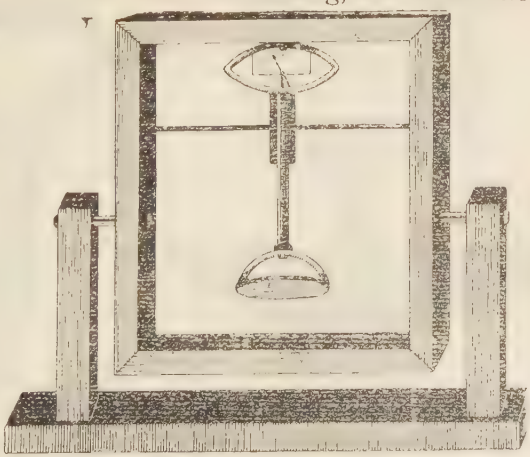


	Händedruck		Kniebeuger		Kniestrecker	
	r.	l.	r.	l.	r.	l.
Männer	49	44	39	41	35	37 kg
Frauen	29	26	29	30	25	26 kg

Es ist absolut unverständlich, wie Friedländer diese hohe Zahlen für die Kniebeuger bekommen hat, die doch erfahrungsgemäß schwächer als die Strecker sind, eine Erfahrung, die ich durch unsere Versuche bestätigen kann.

Allmählich erstreckt sich die Untersuchung auch auf andere Muskelgruppen.

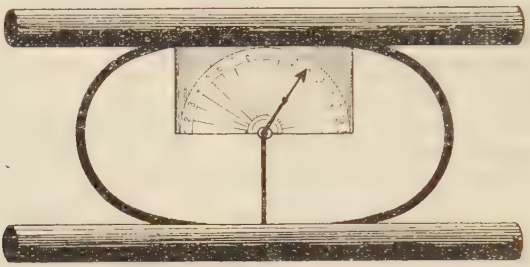
Die Arbeiten Dignat 1884 waren mir leider nicht zugängig. 1897 beschrieb Friedel Pick eine Vorrichtung, alle Funktionen der unteren Extremität zu untersuchen, er benutzte das gewöhnliche Collin'sche Dynamometer. Bei seiner Anwendung vermied er aber alle Rollen und Stricke, er übertrug die Kraft durch einen Metallstab, der mit breiter Pelotte auf dem betreffenden Glied abschnitt aufruht und gegen das Dynamometer angedrängt wird. Durch entsprechende Drehung des Dynamometers kann Adduktion und Abduktion des Beines, Knie- und Fußbeugung und Streckung gemessen werden.



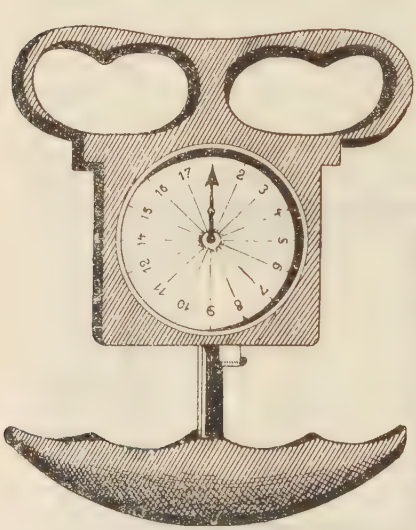
(Die Zeichnung ist nach der Beschreibung angefertigt.) Resultate dieser Methodik habe ich nicht gefunden.

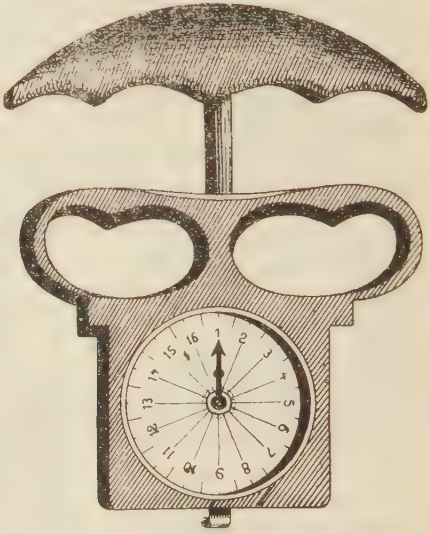
Die nächsten Konstruktionen beschränken sich wieder nur auf die Verbesserung der Handlichkeit des Apparates, sie wollten nur die Werte der Händekraft ermitteln und dabei ein besseres Anschmiegen des Dynamometers und ein schmerzloses Funktionieren garantieren.

Cléron wölbte den Ellipsenrand breit aus.



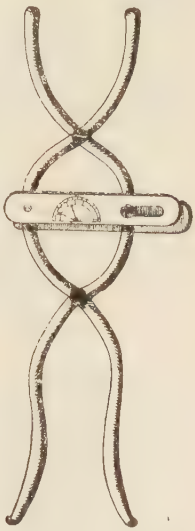
Sternberg 1907 fügte die Ellipse zwischen zwei Stahlröhren, sodaß der Druck auf runde Flächen ausgeübt wird.





Donnat-Cattin 1904 nahm eine Spiralfeder aus Stahl, die durch einen Bügel zusammengepreßt oder von ihm auseinandergezogen wird, und deren Aenderung auf einer Skala angezeigt wird. Der Bügel ist breit gewölbt und paßt sich gut der Handfläche an, auf der andern Seite des Apparates sind

2 Löcher für die Finger, der Bügel läßt sich entweder auf der Seite der Löcher einführen, dann wird der Druck gemessen, oder auf der anderen Seite, dann wird die Zugkraft beider Hände gemessen. Werte kann ich von allen 3 Apparaten nicht citieren.



Eine Neuerung in die Untersuchungsmöglichkeiten mit dem Federdynamometer brachte 1903 die Konstruktion Ledderhose's, bei der auch Angaben über passive Muskelkraft zu erreichen sind. Der Hauptzweck Ledderhoses war die Ueberführung von Rentensimulanten. So ist nur die Untersuchung des Händedrucks vorgesehen. Es wird diesmal eine Stahlspirale zwischen je 2 Hebel gespannt, die längeren erlauben dem Arzt die Kontrolle des die kürzeren bedienenden Patienten und das beliebige Einschalten allerdings nicht genau bestimmbarer Widerstände.

Die passive Leistung übertrifft immer die aktive.

Die besten und genauesten Untersuchungen mit dem Federdynamometer verdanken wir Binet und Vaschide 1898, die an Volks- und Mittelschülern arbeiteten und ganz besondere Aufmerksamkeit auf exakte Versuchsanordnung richteten. Sie untersuchten die Kraft des Händedrucks und die der Rumpfstrecker. Sie benutzten nur einen Dynamometer für alle Versuche, wenn man sich auch „eigentlich nach der Länge der Finger richten müßte, da mit dem 2. Gliede des Fingers der Druck am stärksten ist." Bei der Untersuchung der Rumpfstrecker verfahren sie ähnlich wie Quetelet. In dem einen Ende des Dynamometers war ein Handgriff mit Hacken befestigt, in dem anderen eine Kette, an deren Ende ein Querstab eingelassen war, auf den die Versuchsperson trat. Je nach der Größe wurde die Kette verkürzt oder verlängert, so daß der Handgriff immer eine handbreit über dem Knie der leicht gebeugt stehenden Versuchsperson gehalten wird. Die Beugung ist in einem bestimmten, nicht sehr großen Winkel gewählt.

Werte für Händedruck gemessen an 43 Knaben, 12 13 jährig

	r.	l.
Maximum	36,5 kg	32,5 kg
Minimum	13,4 kg	11,5 kg
Mittelwert	20,96 kg	16,5 kg

Werte für Rumpfstrecker gemessen an 37 Knaben, 12 14 jährig

Maximum	121 kg
Minimum	56 kg
Mittel	77 kg

Binet und Vaschide teilten ihr Material ein nach der Art der Wertsteigerung oder -Abnahme bei mehreren Versuchen nacheinander und nach der Leistung, es ergab sich so folgendes Bild:

Mittelwerte bei zweimaligem Händedruck bei 40 12—13jährigen Knaben

	r.	l.
I sehr stark	27,25 kg	22,15 kg
II mittelstark	22,25	19,0
III mittelschwach	18,5	16,0
IV sehr schwach	15,75	14,25

Mittelwert bei 10 x Händedruck bei 40 16—18jährigen Knaben

	r.	l.
I sehr stark	48,8 kg	43,15 kg
II mittelstark	41,1	36,15
III mittelschwach	37,1	34,2
IV sehr schwach	32.2	29,2

Mittelwerte derselben für Rumpfstrecker

I	173,61 kg	
II	150,42	Mittel 146,64 kg
III	137,21	Maximum 187,0
IV	125,36	Minimum 101,67

Einteilung der 40 jungen Leute nach den Werten (Wachsen oder Fallen bei Wiederholung)

	gleichbleibend		zunehmend		abnehmend	
	l.	r.	l.	r.	l.	r.
I sehr stark	3	4	3	2	1	0
II mittelstark	4	3	2	4	5	4
III mittelschwach	4	3	0	1	4	4
IV sehr schwach	2	2	0	1	8	7

Die starken Leute waren also nicht rasch erschöpft, die schwachen ermatteten sehr bald.

Zwischen 12—18 Jahren nimmt nach Binet und Vaschide die Kraft um 3 kg pro Jahr zu. Die schwachen Versuchspersonen machen den Eindruck von Ambidextern oder besser „Ambisinistern".

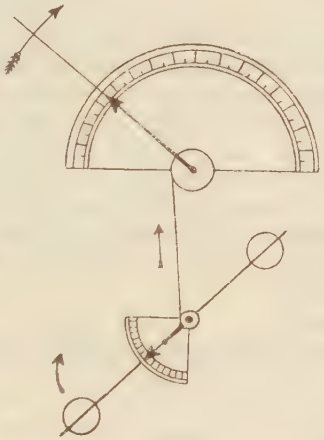
Dies sind die Ergebnisse der Untersuchungen, die mit den Federdynamometern ausgeführt wurden, soweit ich sie ermitteln konnte, Ausreichende Resultate also, wenigstens für größere vergleichende Arbeiten, ließen sich mit diesen Instrumenten nicht auf bequeme Weise ermitteln.

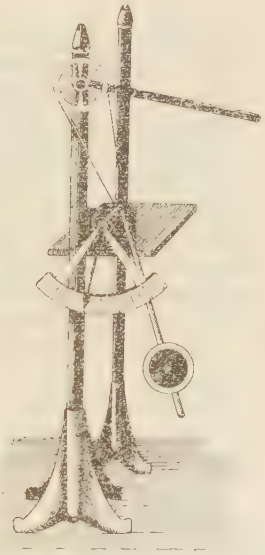
Die anderen Instrumente, die sich ebenfalls mit der Untersuchung der Muskelkraft beschäftigen, die aber ein anderes Ziel verfolgen, seien hier nur der Vollständigkeit halber erwähnt. Ganz übergehen lassen sich die Tretwerke, Ergometer, (Zuntz) Ergostat (Gärtner) Dynamometer nach A. Fick, die die Arbeitsleistung bestimmen sollen.

Auch der Ergograph Mosso's muß aus den früher erwähnten Gründen ausscheiden. Er entstand aus Versuchen, eine Kurve der dynamometrischen Werte aufzuzeichnen.

Hammond 1868 konstruierte so einen Dynamographen, ein Dynamometer mit Hebelarmen, die auf eine berußte Trommel schrieben. Chambard 1880, Morselli und Vedin führten die indirekte Schreibung ein. Mosso untersuchte durch eine Reihenfolge von gleichmässigen Uebungen (Hebung eines Gewichtes durch die Flexoren des Mittelfingers bei fixiertem Arm, Hand und andern Fingern) die Arbeit einer bestimmten Muskelgruppe, die er als fortlaufende Kurve verzeichnete. Eine Kritik dieser Methodik ist hier nicht am Platze, mit dieser Untersuchungsart hat die experimentelle Psychologie interessante Beobachtungen angestellt. (Mosso, Kraepelin etc.)

Ausscheiden muß auch das Gewichtshebeldynamometer Herz's 1903, der sich zwar auch zur Bestimmung der Muskelkraft verwenden läßt, gleichzeitig aber die Stellung des untersuchten Knochen-Muskelsystems angibt. So kann man hier für jede Stellung innerhalb des ganzen Bewegungsumfanges die maximale Zugkraft ermitteln, der Hauptzweck der Untersuchung aber war das Studium von Muskeldiagrammen, auf die wir später noch eingehen müssen. Herz glaubte, von der Kenntnis der maximalen Zugkraft eines Muskels wenig Gewinn zu haben, er glaubte für Vergleiche die „spezifische Energie" eines Muskels feststellen zu müssen, indem er noch den Weg des gehobenen Gewichts in Rechnung zog.



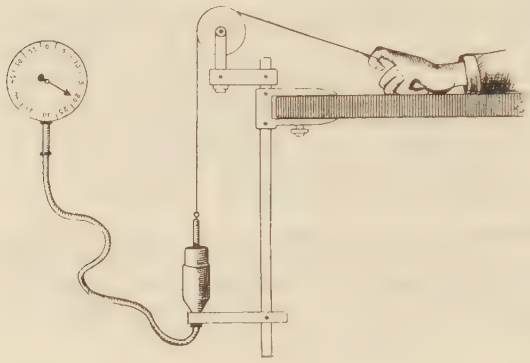


Nach unseren Erfahrungen genügt aber bei bestimmter Voraussetzung vollkommen die Kenntnis der maximalen Kraft eines Muskels für vergleichende Untersuchungen.

Zahlenangaben hat Herz leider fast gar nicht veröffentlicht.

Eine neue Konstruktion förderte die Kenntnis der Maximalkraft der verschiedenen Muskelgruppen bedeutend, Baudouin und Français 1911 verwarfen aus verschiedenen Gründen die früheren Apparate und benutzten ein ganz neues Prinzip. Sie setzten sich das Ziel: „einen Apparat zu konstruieren zur Bestimmung der Kraft möglichst vieler Muskelgruppen unter immer gleichen Bedingungen und unter möglichster Ausschaltung aller an-

deren gerade nicht in Frage kommender Muskeln.“ Sie benutzten ein hydraulisches Dynamometer: eine durch eine Gummimembran hermetisch verschlossene Schale, genauestmitWasser gefüllt, steht durch eine dünne geschmeidige Kupferröhre inVerbindung mit einem Metallmanometer. Die Membranträgteinen Kolben, den eine Führung mit der zu untersuchenden Muskelgruppe verbindet. Kontrahiert sich die Muskelgruppe, so zieht sie mittels der Führung den Kolben etwas in die Höhe, und das Manometer gibt die Kraft in Kilogramm an. Untersucht wurde nur die aktive Muskelkraft, bei jedesmalig genau bestimmter Gelenkstellung, die Bewegung sollte gleichmäßig, nicht ruckweise ausgeführt werden. Gegen die Einwände des guten oder schlechten Willen der Versuchsperson verwahren sich die Untersucher mit Recht, weil das bei jeder klinischen Untersuchung von Bedeutung ist. Sie arbeiteten mit folgenden Muskeln und in folgender Anordnung, die Resultate sind Mittelwerte aus 3 aufeinanderfolgenden Versuchen.



1. Unterarmbeuger,

2. Unterarmstrecker. Der Unterarm ist fast rechtwinklig gebeugt.

3. Armadduktoren,

4. Armabduktoren. Der Arm bildet mit dem Rumpf einen Winkel von zirka 45°.

5. u. 6. Beugung und Streckung des Oberschenkels gegen die Hüfte. Patient liegt auf dem Rücken. Der Oberschenkel steht im rechten Winkel zur Hüfte, die Führungsschlinge läuft unmittelbar oberhalb des Kniees.

7. u. 8. Beugung und Streckung des Kniees. Patient liegt auf dem Bauch, der Unterschenkel im r. Winkel erhoben.

9. u. 10. Plantar- und Dorsalflexion des Fußes. Der Fuß ruht in einem Steigbügel. Patient in Rückenlage.

11. u. 12. Adduktion und Abduktion des Beins (läßt sich nur sehr ungenau bestimmen). Patient liegt quer auf dem Versuchstisch, die beiden unteren Extremitäten um zirka 30° gespreizt, das eine Bein und das Becken möglichst fixiert, oberhalb des anderen Kniees läuft die Führungsschlinge. Die so (11 und 12) gewonnenen Resultate sind sehr unsicher.

Ergebnisse:

1. Beugung des Unterarms

	10 Männer	7 Frauen
Maximum	38 kg	23 kg
Minimum	21	14
Mittel	30	18

2. Streckung des Unterarms

Maximum	20 kg	18 kg
Minimum	11,5	7
Mittel	16,0	11,5

Verhältnis von Beugern : Streckern = 1,8 : 1 (Männer)
= 1,6 : 1 (Frauen)

	Männer	Frauen
3. Adduktion des Armes	44,0 kg	27,5 kg
4. Abduktion des Armes	26 kg	17 kg

Verhältnis von Adduktoren : Abduktoren = 1,6 : 1
(Männer = Frauen).

5. u. 6. Beugung des Oberschenkels

	Männer	Frauen
Mittelwert	28,7	17,4 kg
Maximum		
Minimum		

Streckung des Oberschenkels

	Männer	Frauen
immer über	100,0	77 kg
sicher über	120	—
bis	140 kg	
	82 kg	

Verhältnis von Beugern und Streckern 1 : 4 Männer Frauen

7. u. 8. Kniebeuger

	Männer	Frauen
Mittel	15 kg	10 kg

Kniestrecker

	Männer	Frauen
	42 kg	25 kg

Verhältnis von Beugern : Strecker = 1 : 3 (Männer)
= 2 : 5 (Frauen)

9. u. 10. Fuß Plantarflexoren

	Männer	Frauen
Mittel	100 kg	70 kg

Dorsalflexoren

	Männer	Frauen
	30 kg	18 kg

Verhältnis von Plantar : Dorsalflexoren = 3 : 1 (Männer)
= 4 : 1 (Frauen)

11. u. 12. Bein-Adduktoren

	Männer	Frauen
Mittel	42 kg	26,6

Bein-Abduktoren

	Männer	Frauen
	26,5	18,0

Abduktoren : Adduktoren 1 : 1,5 (Männer = Frauen.)

Die Werte für die Abduktoren und Adduktoren des Beins und die Kniebeuger sind aus technischen Gründen nicht einwandfrei. Merkwürdig ist, daß Baudoin und Français für die r. und l. Seite so ähnliche Resultate bekamen, daß sich die getrennte Wiedergabe erübrigte. Die Plantarflexoren sind verhältnismäßig enorm hoch, wie denn im ganzen ihre Werte die unsrigen übertreffen, verhältnismäßig aber gut zu ihnen passen.

Das sind alle in der Literatur angegebenen Apparate und Versuche. Die ganze Reihe der Konstruktionen mit ihren vielen Abänderungen sprechen schon gegen die Instrumente. Dem Prinzip nach gibt es nur 2 Systeme:

I. Das Manometer, das unbedingt exakt arbeiten muss, und gegen das man nur die beschränkte Anwendungsmöglichkeit auf die aktive Muskelfunktion einwenden kann,

II. das Federdynamometer, die Energie des elastischen Stahles, bei dem nach dem Hook'schen Gesetz die Gestaltveränderung (Verlängerung und Verkürzung) proportional der einwirkenden Kraft ist.

Gegen dieses System, das fast allein verwendete, läßt sich nun in sehr vielen Punkten eine Kritik üben, zunächst schon an der Eichung, deren Genauigkeit doch Voraussetzung ist; diejenige der Zugkraft läßt sich natürlich durch an der großen Achse aufgehängte Gewichte leicht vornehmen. Aber bei der Eichung auf Druck beginnt die Unsicherheit. Sie wird so vorgenommen: man hängt das Dynamometer in 2 Griffe, die im Sinne der kleinen Achse angreifen, und von denen der eine vom oberen Bogen aus die Feder nach unten zieht und das Gewicht trägt, der andere am unteren Bogen angreift und nach oben zieht. Dabei ist die Spannweite der Griffe von großer Bedeutung, z. B. ergibt sich mit gleichem Gewicht bei 8 cm breitem Griff ein Ausschlag auf 60, mit 3,5 cm breitem auf 80. Nun müßte man Griffe wählen, die der Handbreite entsprächen, würde man annehmen, daß alle 4 Finger die Arbeit gleichmäßig leisteten, und das fordern die einen Autoren, andere behaupten aber, nur Mittel- und Ringfinger seien von Bedeutung, deshalb seien nur schmale Griffe richtig. Abgesehen davon stimmt niemals Form des Instrumentes mit dem Griff überein, da der starre Griff der sich allmählich abplattenden Ellipse nicht folgen kann und so zuletzt nur noch mit den beiden äußersten Enden drückt, also bestimmt zu kleine Werte erzielt.

Das Federsystem ist für Maximalwerte gebaut, daraus folgt, daß die Feder sehr stark ist und die Angabe für schwachen Druck zu niedrig ausfällt, ferner daß die Skala sehr lang ist. Das Instrument erlaubt kein Eingehen auf die Eigenart der

Versuchsperson, die vielleicht sehr langsam ihre Kräfte entfalten kann und deshalb schon am starren Instrument vor der Maximalleistung ermüdet ist. Der Ermüdung tritt ja immer schon bei der ganzen Skala von der Anfangsleistung an bis zur Höchstleistung auf, dadurch ist ein großer Einfluß gelassen dem Tempo des Druckablaufes, denn bei schnellerem Funktionieren tritt die Ermüdung weniger in Erscheinung.

Die Forderung des genauen Passens des Dynamometers in die Hand der Versuchsperson zwingt zur Untersuchung mit verschiedenen Instrumenten, eine Fehlerquelle mehr bei Vergleichen; die Untersuchung soll für möglichst viele Gruppen unter Ausschaltung möglichst aller anderen mit stets demselben Instrument vor sich gehen.

Die Untersuchung ist nur für aktive Muskelleistung möglich; die Bestimmung soll sich auf möglichst viele Gruppen erstrecken und da ist die Verwendung des Federdynamometers sehr unbequem; die Kraft des Händedruckes aber ist kein Maß für die Körperkraft überhaupt, sie ist sehr abhängig von Beruf und Ausbildung, und die tägliche Erfahrung zeigt, daß sonst schwache Menschen über erstaunliche Händekraft verfügen können.

Endlich läßt sich beim Federdynamometer der Weg nicht ausschalten, denn der Druck an der sich abplattenden Ellipse bewirkt eine Stellungsänderung, die mit Zunahme der Leistung sich vergrößert.

Wir werden also von einem brauchbaren Dynamometer fordern:

1. die Möglichkeit aktive und passive Leistung zu beurteilen,
2. gleich sichere Resultate für schwache und starke Kraftäußerungen,
3. unter gleichen Versuchsbedingungen eine möglichst vielseitige, ungezwungene Anwendung,
4. keine Behinderung der Kraftentfaltung durch Schmerz oder andere Unbequemlichkeit.

Es ist wohl zweckmäßig, der Kritik der früheren Apparate erst dann die Beschreibung unseres neuen Instrumentes folgen zu lassen, wenn unsere Fragestellungen und Grundlagen ausführlich klargelegt sind, und da beginnen wir wohl am besten mit der Erklärung „der Muskelkraft". Die Physiologen haben sich bei ihren Untersuchungen auf das theoretische beschränkt und die Muskelkraft auf die Querschnittseinheit, den Quadratzentimeter berechnet also die absolute Muskelkraft ermitteln wollen. (s. Abschnitt I). Für die vergleichende Untersuchung am lebenden Menschen kann ein solches Verfahren nicht in Betracht kommen, da die Umrechnung auf die Querschnittseinheit äußerst

umständlich ist und sehr ungenaue Werte ergeben muß, da ja die Knochen und Weichteile in ihrem Umfange sich auch nicht einigermaßen genau abschätzen lassen. Da also eine Berechnung auf die Querschnittseinheit nicht möglich ist, müssen wir uns darauf beschränken, aus einer größeren Anzahl von Versuchen einen Mittelwert der Kraft einer bestimmten Muskelgruppe festzulegen, weil die Untersuchung eines einzelnen Muskels unmöglich ist und und wir immer das Zusammenwirken mehrere Muskeln vor uns haben.

Von großem Einflusse auf die Ergebnisse ist auch die Winkelstellung des Gelenkes, da mit ihr sich die Wirkung des Hebelsystems ändert. Auf diesen Umstand legt die Untersuchung von Herz ganz besonderes Gewicht, bei ihr wurde die Wirkung einer Muskelgruppe in verschiedenen Winkelstellungen des Gelenkes beobachtet, wobei dann zur Berechnung der Kraft des Muskels das Mittel der verschiedenen Zugwerte berechnet wurde. Dieses sehr umständliche Verfahren ist für die Erlangung von Vergleichswerten nicht notwendig, weil vergleichbare Werte bei gleichmäßiger, wenn auch willkürlich gewählter Winkelstellung sich ermitteln lassen.

Unsere Aufgabe reduziert sich also darauf: Welches Gewicht kann eine bestimmte Muskelgruppe bei einer willkürlich gewählten Ausgangsstellung eben noch heben? Es müssen dabei natürlich noch die Hilfsmuskeln möglichst ausgeschaltet werden. Damit ist nicht gesagt, daß bei der Arbeit nicht auch andere Muskeln in Kontraktion geraten, doch dürfen diese nicht direkt am Effekt mit beteiligt sein. Sie sollen eben nur das Glied halten und fixieren. Diese Fehlerquelle muß bei der Versuchsanordnung ausgeschaltet werden, sonst ist das Ergebnis nicht verwertbar. Andererseits muß der Körper so fixiert sein, daß nicht durch mangelnden Widerhalt und Unsicherheit die Entfaltung der vollen Kraft erschwert wird. Endlich dürfen nicht durch subjektiv hemmende Momente (Schmerz etc.) von seiten der Versuchsapparate die Kontraktionsfähigkeit und die spezielle Leistung gefährdet sein. Diese elementaren, teils mechanisch, teils psychisch wirksamen Bedingungen sind in den älteren Versuchen vielfach vernachlässigt worden, weshalb die Resultate als unbrauchbar ausscheiden müssen.

Wenn diese Untersuchungsbedingungen klar sind und einen Vergleich erlauben, ist ferner zu erwägen, ob andere allgemeinere Bedingungen zu berücksichtigen sind, die die Vergleichsmöglichkeiten einschränken können. Es käme da vor allem in Betracht die Größe des Invidiums, sein Alter und Geschlecht, schließlich bei spezielleren Fragen auch noch Uebung und Beruf.

Längere Untersuchungsreihen haben ergeben, daß die Größe keinen wesentlichen Einfluß hat, daß also für sie keine eigene

Kategorie bei der Vergleichung aufzustellen ist. Vielleicht ist die Annahme berechtigt, daß beide Hebel, Kraft- und Lasthebel in annähernd gleichen Verhältnissen variieren, daß also bei verschiedenen Körpergrößen die Insertionsstelle der Muskeln sich entsprechend ändert. (?) Natürlich sind für Alter und Geschlecht getrennte Reihen erforderlich. Es wird also innerhalb eines bestimmten Alters und Geschlechts die Kraft einzelner Muskelgruppen vergleichbar sein, man wird entsprechende Standartwerte zu ermitteln haben.

Es scheint angebracht, im einzelnen noch einmal kurz alle Momente, die von wesentlichem Einfluß sind, zu untersuchen. Es kann bei der Vergleichung der Muskelkraft nicht die Gesamtleistungsfähigkeit in Betracht kommen, weil bei ihr zu viel verschiedene Dinge von Bedeutung sind und ihre ausgedehntere Anwendung auf verschiedene Muskelgruppen für praktische Zwecke zu umständlich und zeitraubend ist. In Frage kommt also nur die höchste Leistungsfähigkeit eines einmaligen Muskelaktes. Hierbei ist zu beachten, daß im Versuch nur die Spannung gemessen wird, daß eine Gelenkveränderung ausgeschlossen wird, weil sonst Arbeit geleistet wird, um deren Betrag die Spannung sinkt. Den klarsten Ausdruck hierfür findet das Schwann'sche Gesetz: „Die Zugkraft eines Muskels nimmt während der Ausführung einer Kontraktion dauernd ab". Es muß also ein bestimmter Kontraktionsgrad ausgewählt und seine Veränderung während der Prüfung ausgeschlossen oder wenigstens möglichst klein gemacht werden. Da wir wissen, daß der Muskel aus der mittleren Verkürzung heraus die größte Leistung am leichtesten und raschesten entfalten kann, werden wir die Mittelstellung wählen

Dieselbe Forderung, eine Mittelstellung zu wählen, müssen wir aufstellen, wenn wir bedenken, daß wir nicht direkt die Muskelleistung untersuchen, sondern die des gesamten Hebelsystems, das Muskel- und Skeletteile umfaßt. Bei der Muskelkontraktion wächst der Hebelarm, mit dem der Muskel den Knochen angreift, allerdings nur so weit, bis der Muskel senkrecht auf die Längsachse des Knochens einwirken kann. Eine genauere Messung des ganzen Systems läßt sich nur theoretisch durchführen und kann auch so nur Annäherungswerte geben, zumal da keine reine Hebelverhältnisse vorliegen wegen der Gleitrollen und Gleitkanäle für die Sehnen und wegen der unregelmäßigen Gelenkflächen, „daß jeder Versuch, theoretisch ins Spezielle zu gelangen, a priori als gänzlich aussichtslos betrachtet werden muß." (Herz)

Bevor wir nun zur Prüfung der Kraft übergehen, ist es noch notwendig, die verschiedenen Formen der Muskelaktionen zu besprechen. Die Änderung, welche die Spannung eines Muskels

unter dem Einfluß von Reizen erleidet, wenn die Länge konstant erhalten wird, nennt A. Fick **isometrischen** Muskelakt; der Vorgang im gereizten Muskel bei konstanter Gegenkraft ist als **isotonischer** Muskelakt zu bezeichnen, er ist also eine Muskeltätigkeit bei gleichbleibender Spannung und wechselnder Länge.

Die Physiologen vergleichen die Muskelbewegungen des lebenden Körpers dem Tetanus des gereizten Muskels und zerlegen diesen in eine Reihe einzelner Zuckungen. Bei diesen wieder kann je nach der Untersuchungsmethode zwischen isometrischer und isotonischer Zuckung unterschieden werden, die rein als solche natürlich im Organismus nicht vorkommen.

Betrachten wir die Art der Muskelaktion bei irgend einer Beschäftigung, so können wir zwei ganz verschiedene Muskelfunktionen unterscheiden, wir wollen sie kurz aktiv und passiv nennen. Die eine ist die dynamische, die andere die statische, die Haltefunktion, die eine führt eine Bewegung aus, z. B. die Beugung des Arms, die andere leistet einer entgegengesetzt wirkenden Kraft Widerstand, z. B. der gewaltsamen Streckung des gebeugten Armes. Die schwedische Heilgymnastik nennt die erste die konzentrische oder Verkürzungsbewegung, die zweite die exzentrische oder Verlängerungsbewegung. Die erste hat eine gewisse Ähnlichkeit mit der isotonischen Muskelaktion, die zweite mit der isometrischen.

Untersuchungen an niederen Tieren haben dort ähnliche, aber viel deutlichere Unterscheidungen erlaubt, denn hier ist die verschiedene Funktion nicht in jedem Muskel vorhanden, sondern jede Funktion ist an eine bestimmte Muskelart gebunden.

v. Uexkill berichtet von Arbeiten am Seeigel, dessen Stacheln durch eine Muskelschicht nur zu schnellen Bewegungen befähigt werden, durch eine andere nur in einer erforderlichen Lage festgehalten werden. Ebensolche Verhältnisse fanden sich z. B. bei einer Muschel, die durch einen Muskel die Schalen geschlossen hält, sie durch einen anderen rasch öffnen und schließen und sich so sprungweise fortbewegen kann.

v. Uexkill unterscheidet deshalb Bewegungs- und Sperrmuskulatur, die sich auch äußerlich in „helle“ und „dunkle“ Muskeln unterscheiden lassen und in der Physiologie auch „flinke“ und „langsame“ heißen.

Durch einen Versuch am Menschen nimmt er für diesen ähnliche Verhältnisse an. „Läßt man sich auf die vorgestreckte Hand bei leicht gebeugtem Ellenbogengelenk einen schweren Gegenstand legen, dann gelingt es leicht, bevor der Gegenstand die Hand berührt hat, die Beuger des Oberarms neu zu innervieren. Dadurch wird der Arm im voraus befähigt, den Gegenstand zu tragen, d. h. Spannungsarbeit zu leisten, ohne sich zu verkürzen, die Strecker bleiben dabei ganz erschlafft.“

Ähnliche Ergebnisse versucht Knoblauch in einer Arbeit über Myasthenie für den Menschen nachzuweisen. Er ist durch histologische Befunde bei dieser Krankheit auf die „hellen" Muskelfasern aufmerksam geworden und hält die Einteilung in „flinke" und „langsame" mit allen Forschern, die an Weichtieren gearbeitet haben, aber auch aus dem biologischen Unterschiede der Muskeln bei Vögeln und sogar Säugetieren für berechtigt. „Die flinke Muskulatur leitet die Bewegung ein, die träge setzt die eingeleitete Bewegung fort. Es läßt sich erkennen, daß die Art der Ortsbewegung in der Wirbeltierreihe dem relativen Mengenverhältnis der flinken (blassen) und trägen (roten) Fasern der Skelettmuskulatur entspricht". Als prägnanten Beweis nennt er die helle Farbe des Brustfleisches des Truthahns und des Haushuhns, das gelegentlich rasch auffliegt, während das des Albatros, der sehr große Strecken fliegen kann, rot ist.

Bei Menschen kommen „helle" und „dunkle" Muskelfasern nach Knoblauch vor, nur sind sie hier nicht in Gruppen geordnet, sondern in den einzelnen Muskeln gemischt und die „hellen" bedeutend in der Minderzahl. Seine interessanten Folgerungen über das Wesen der Myasthenie und Myotonie gehören nicht hierher.

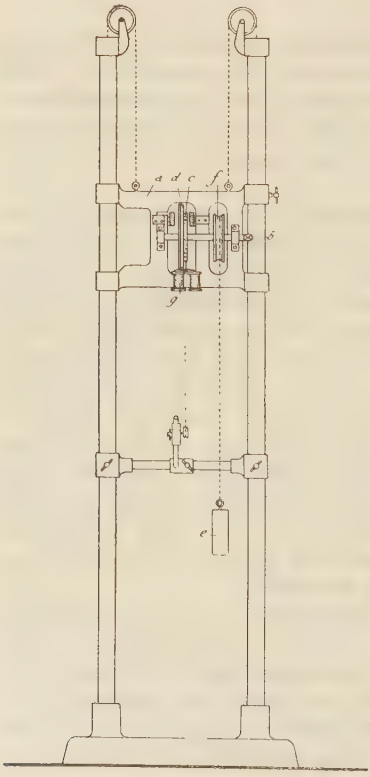
Unsere eigenen, später ausführlicher zu berichtenden Erfahrungen lassen in der Tat solche Verhältnisse möglich erscheinen. Wir haben nämlich bei allen unseren Versuchen eine bedeutend höhere Kraft für die passive Funktion gefunden, für die Funktion also, die nach Knoblauch durch die überwiegende Faserzahl repräsentiert wird.

Jedenfalls ist diese passive Funktion ein sehr wichtiger Teil der gesamten Muskeltätigkeit, doch ist sie mit wenigen Ausnahmen in keiner dynamometrischen Arbeit überhaupt nur erwähnt, untersucht ist sie, soviel mir bekannt ist, überhaupt nicht. Eine genauere Deutung des Ueberwiegens der passiven Werte über die aktiven kann ich nicht geben; zum Teil vielleicht durch leichtere Innervationsmöglichkeit, da diese Tätigkeit vielleicht die höheren Centren weniger in Anspruch nimmt und sich mehr in den untergeordneten abspielt. (Bei der Prüfung muß nicht wie bei der aktiven ein bestimmter Bewegungsimpuls erfolgen, sondern nur eine bestimmte Gliedstellung möglichst lange erhalten werden; dadurch ist die Willensarbeit vielleicht eine viel allgemeinere. Die geringe Ermüdbarkeit bei passiver Tätigkeit ist möglicherweise in diesem Sinne zu erklären,)

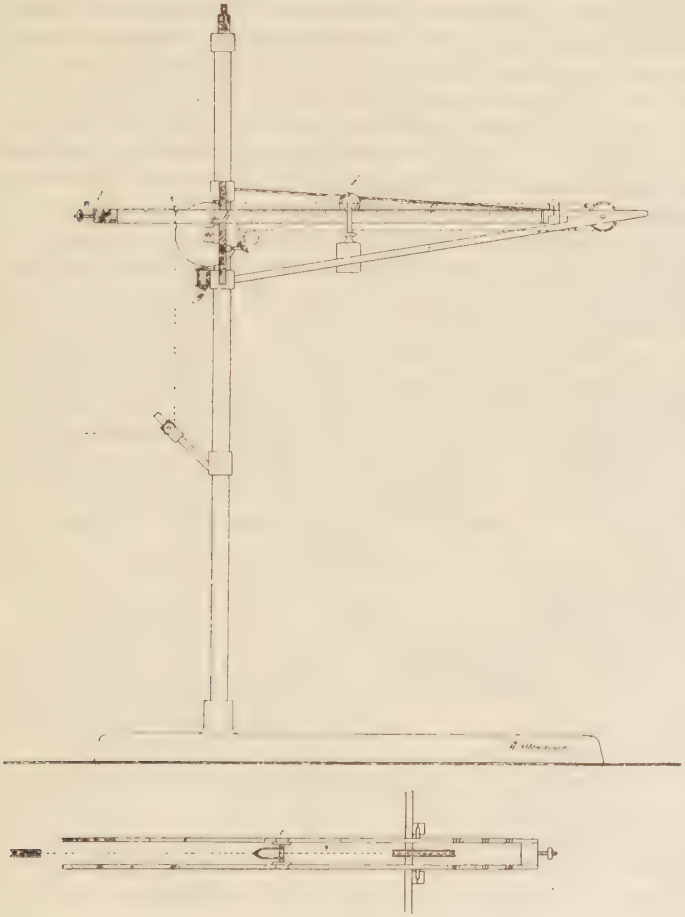
Natürlich spielt bei allen Kraftleistungen die psychische Komponente keine kleine Rolle. Das ist im Wesen der Muskelaktion begründet und so ist jede eigentlich absolute Kraftmessung unmöglich. Muskelfunktion ist eben der Ausdruck für eine Erregung im ganzen nervösen System, und wir messen vielleicht ebenso viel den Motor als das ausführende Instrument.

Es hängt vom Geschick des Untersuchers ab, durch Eingehen auf den psychischen Zustand des Patienten ein Maximum der Willensspannung herbeizuführen; es ist gewissermaßen beim Dynamometer der Schwerpunkt zum Erfolgsorgan hin verschoben, beim Ergographen zur auslösenden Seite hin. Der Untersucher hat großen Einfluß auf das Resultat durch seine Fähigkeit, eine Willensspannung zu bewirken, die die restlose Entfaltung der überhaupt möglichen Leistungsfähigkeit garantiert, (auch das hängt natürlich wieder vom psychischen Zustand des Untersuchten ab).

Von diesen grundlegenden Betrachtungen ausgehend trat Herr Dr. von Stauffenberg an die Konstruktion eines neuen Dynamometers. Es handelt sich bei dieser Untersuchung der aktiven und passiven Muskelkraft um eine conventionelle Auswahl eines bestimmten Moments, um eine willkürliche aber gleichmäßige Untersuchungsbedingung, die einen direkten Vergleich verschiedener Individuen auf Grund einer einfachen und möglichst vielseitigen Untersuchung erlaubt. Daß dieses Verfahren trotzdem zeitraubend ist, geht aus dem früher Erörterten hervor. Der Apparat erlaubt die Untersuchung der meisten motorischen Muskelgruppen des Stammes und der Glieder und ist nach dem Prinzip der Wage konstruiert, ist also ein Hebeldynamometer. An dem einen längeren Hebelarm ist ein auswechselbares Laufgewicht angebracht in der Weise, daß es mittels Gewichtsantrieb und Transmission in gleichmäßige, regulierbare Bewegung gebracht werden kann und zwar durch elektro-magnetische Ausklinkung eines an der Hebelachse angebrachten mit dem Laufrade verbundenen Zahnrades. Das Gewicht ist für die beiden Messungsarten die Kraftquelle. Der Strom, der den Magneten versorgt, geht durch den am kurzen Hebelarm angebrachten Unterbrecher, der momentan funktionierend durch Einklinkung des Zahnrades das Gewicht am langen Hebelarm arretiert, sobald die nach-



lassende Muskelspannung das Ende des kurzen Hebelarms von seinem Widerlager um einen kleinen regulierbaren Betrag gehoben hat. Der zu untersuchende Gliedabschnitt ist mit dem Hebel mittels eines in verschiedener Höhe einstellbaren Seiles verbunden; die Versuchsperson



muß den Hebel gegen sein Widerlager halten. Gleichzeitig mit der Aufforderung zum Halten wird das Widerlager, auf dem der lange Hebel ruht, beseitigt und durch Stromeinschaltung das Laufgewicht in Bewegung gesetzt, das nun einen gleichmäßig anwachsenden Zug an dem Gliede ausübt. Ist die Kraft des Gewichtes für die Muskelgruppe zu groß geworden, so unterbricht es momentan durch Kippen der Wage den Strom und registiert den erreichten Kilogrammbetrag durch Stehenbleiben an diesem Punkte des Hebelarmes. Das Gewicht ist auswechselbar. Die Hebelarme

können verschieden groß gewählt werden, so daß eine sehr große Abstufung der zu untersuchenden Kraft gesichert ist.

Zur Untersuchung der aktiven Kraft steht der Muskel in gleicher Weise mit dem Apparat in Verbindung, nur muß die Versuchsperson jetzt zu ziehen versuchen, und zwar möglichst gleichmäßig, auf keinen Fall ruckweise. Das Gewicht wird vorher versuchsweise auf einen den erwartenden etwas übersteigenden Betrag eingestellt, durch die Transmission wird es nach Beginn des Zuges solange gegen die Achse des Hebels hinverschoben, bis es eben gehoben werden kann. Am Ende des kurzen Hebelarmes ist ein mit einem Läutewerk verbundener Kontakt angebracht, der dann funktioniert, wenn der sich verkürzende Muskel das Ende des kurzen Hebelarmes um einen geringen, regulierbaren Betrag nach unten zieht. Entspricht nun die Kontraktionskraft des Muskels dem Gewichte, so wird der kurze Hebelarm nach unten gezogen und die ertönende Glocke erlaubt, den betreffenden Kg-Betrag an der Haltestelle des Gewichts am langen Hebelarm abzulesen. Um den Fehler, der durch die Hebung des Gewichtes durch den Weg entstände, möglichst klein zu machen, ist die Kontaktdistanz minimal, sodaß der infolge Verkürzung oder Dehnung des Muskels zu durchlaufende Weg eben 1 Meter beträgt. Der einzige nicht maschinell regulierte Vorgang ist also das Entgegendrehen des Gewichtes bei der aktiven Prüfung, hierdurch ist aber gerade ein Eingehen auf die Arbeitseigentümlichkeiten der Versuchsperson ermöglicht.

Die Lagerung und Fixierung der Versuchsperson, diese schwierige und unangenehme Seite der dynamometrischen Versuche, fordert Bequemlichkeit für beide Teile, möglichste Ausschaltung jeder Mitarbeit der nicht zu untersuchenden Gruppe, natürliche Lagerung, die Spannung möglichst ausschließt und dabei die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erleichtert.

Wir bedienen uns eines kreuzförmigen Bettes mit Schulterstützen und Holzrinnen an den Fußenden, in welche zur Prüfung der Plantarflexion der Unterschenkel der sitzenden Person eingespannt wird. An den Arm- und Fußteilen lassen sich Vorrichtungen zur Prüfung der Pro- und Supinatoren, sowie der Innen- und Außenrotatoren anbringen.

Die Armbeuger und -strecker werden in Rückenlage bei rechtwinkliger Stellung der Arme zum Rumpf gemessen, der Unterarm ist fast rechtwinklig zum Oberarm gebeugt; die Hüftbeuger und -strecker (in Rückenlage) bei rechtwinkliger Beugung des Oberschenkels und Unterstützung des horizontal gehaltenen Unterschenkels. Ferner wird in Rückenlage gemessen die Dorsalflexion des Fußes, von der rechtwinkligen Stellung des Fußes aus, die Ab- und Adduktion der Arme und Beine (bei der Adduktion aus einem Winkel von 30^0 heraus, bei der Abduktion

aus der Grundstellung) endlich die Kniebeuger und -strecker bei über die Kante herabhängendem Unterschenkel, oder letzere beiden besser in Bauchlage bei fast rechtwinklig gebeugtem Unterschenkel.

Zur Untersuchung der Nacken- und Rumpfmuskulatur, der Hand- und Fingermuskeln bedienen wir uns eines besonders stabilen Eisenstuhles, der für alle Größen regulierbar das Becken durch Schrauben sicher fixieren läßt; seine Lehne ist zurückklappbar.

Nacken- und Rumpfbeuger werden aus der Grundstellung, ebenso Hand- und Fingerbeuger und -strecker untersucht, einmal die Handfläche nach oben, einmal nach unten gehalten.

Die Glieder werden durch Riemen und Gurte fixiert, bei Untersuchung des einen Arms erhält die andere Hand eine Stütze. Die Winkelstellung ist wie oben gesagt, stets die gleiche.

Bei der Untersuchung läßt man die Muskelgruppen unter beständiger Anfeuerung (am Besten in Konkurrenz mit anderen Personen) mindestens 5 Züge ausüben, wachsen die Zahlen, wird bis zu einem gewissen Maximum der Versuch fortgesetzt, von dem an die Zahlen wieder sinken. Nach kurzer Pause schließt sich die Prüfung der passiven Kraft an. Durch Uebung läßt sich bald die wahrscheinliche Leistung annähernd voraussehen, so daß dann vorzeitige Ermüdung vermieden werden kann.

Es ist vorteilhafter von Ueberdruck auszugehen, dabei wird die Anstrengung an der Maximalstelle gemessen (dabei ist es Sache der Methodik, die isometrische Kontraktion möglichst kurz zu machen, sodaß sie nur solange dauert, als die Kraft zur Entfaltung braucht, daß also Zurückführen des Gewichtes und Anspannungszeit gleich sind).

Immer wird nur eine Muskelgruppe desselben Gliedes untersucht, dann die eines anderen, im allgemeinen in einer Sitzung nicht allzuviele, so daß Ermüdung ausgeschlossen wird.

Die Versuche ergaben, daß die passive Prüfung der aktiven folgen darf, da die Werte der zuerst untersuchten passiven mit der nach der aktiven Untersuchung vorgenommenen übereinstimmen.

Die Vorzüge dieses Dynamometers und unseres Verfahrens vor den anderen scheint in folgenden Punkten zu liegen:

1. der Möglichkeit, aktive und passive Muskelleistung zu untersuchen,
2. der relativen Bequemlichkeit des Verfahrens und seiner großen Untersuchungsbreite,
3. der möglichst großen Ausschaltung der Ermüdung durch das langsame Steigen und Abnehmen des Gewichtes,

4. der Möglichkeit, auf die Arbeitseigentümlichkeiten der Versuchsperson einzugehen,
5. Die Stellung des Gliedes bleibt während der Untersuchung immer die gleiche, der Augenblick der Aenderung (Verkürzung oder Verlängerung des Muskels) löst die Arretierung oder das Glockensignal aus.

Es folgen nun unsere vorläufigen Ergebnisse.

Die erste Tabelle enthält die Zahlen Herrn Dr. v. Stauffenberg's, sie wurden bei Studenten und Patienten der II. medizinischen Klinik gefunden; selbstredend waren die Patienten nicht körperlich geschwächt; das Alter der Personen ist 20 bis 40 Jahre.

Die erste und dritte Reihe enthält den Mittelwert aus sämtlichen Höchstleistungen bei passiver bezw. aktiver Muskelfunktion, die zweite und vierte Reihe zeigen je den höchsten und niedrigsten Wert, der überhaupt geleistet wurde, die letzte Reihe gibt das Verhältnis der Antagonisten.

Tabelle I.

Normalzahlen für Muskelkraft zwischen 20 und 40 Jahren.
(Dr. v. Stauffenberg).

Muskelgruppe	Passiv Mittelwert	Maximum bis Minimum	Aktiv Mittelwert	Minimum bis Maximum	Verhältnis der Antagonisten
Finger Beuger	38 kg	30—58 kg	26 kg	20—35 kg	
— Strecker	10	7—13	6,5	4—8,5	1 : 4
Hand Beuger	40	25—59	31	24—42	
— Strecker	22	15—40	16	10—22	1 : 1,3
Arm Beuger	45	36—52	32	25—40	
— Strecker	33	14—50	21	10—30	1 : 1,5
— Adduktoren	50	32—60	37	20—44	
— Abduktoren	44	25—50	28	16—32	1 : 1,3
— Pronatoren	18	15—25	11	16—15	
— Supinatoren	16	10—23	9	6—13	1 : 1,2
Hüft Beuger	45	34—61	30	22—35	
— Strecker	110	85—136	95	53—106	1 : 3,1
Bein Adduktoren	60	45—69	41	25—51	
— Abduktoren	50	45—59	28	21—40	1 : 1,4

Muskelgruppe	Passiv Mittelwert	Maximum bis Minimum	Aktiv Mittelwert	Minimum bis Maximum	Verhältnis der Antagonisten
Knie Beuger	30	20—48	18	12—30	
— Strecker	86	70—102	56	40—68	1 : 3,1
Bein Innen Rotatoren	30	22—41	20	12—24	
Bein Aussen —	26	20—31	16	11—21	1 : 12
Fuß Plantar Flexoren	91	69—115	66	50—88	
— Dorsal	57	40—73	36	30—46	1 : 1,8
Nackenbeuger	25	19—31	16	11—18	
-strecker	—	23—46	19	13—26	1 : 1,2
Rumpfbeuger	53	45—62	33	27—38	
-strecker	54	45—58	31	20—34	1 : 1,1

Die zweite Tabelle enthält in gleicher Anordnung meine Ergebnisse gewonnen an Sanitätssoldaten aus Münchener Infanterieregimentern, die II. und IV. Reihe enthalten den Spielraum zwischen Maximal- und Minimalwert als Differenz, ausgerechnet an den Durchschnittszahlen. Die Soldaten standen im Alter von 20 - 25 Jahren, alle hatten außer ihrer militärischen Arbeit und Radfahren nie Sport getrieben.

Tabelle II.

Normalzahlen für Muskelkraft zwischen 20—25 Jahren.

Durchschnittszahlen von 24 Infanteristen, aus rechts und links berechnet.

Muskelgruppe	Passiv	Maximum -Minimum	Aktiv	Maximum -Minimum	Verhältnis der Antagonisten
Handbeuger	42,32	5,2	31,02	5,12	1 : 1,37 p
-strecker	30,85	12,15	18,87	6,12	1 : 1,64 a
Armbeuger	43,6	8,87	23,77	7,12	1 : 1,54 p
-strecker	28,29	7,64	16,27	5,64	1 : 1,82 a
Kniebeuger	26,05	11,18	15,1	6,96	1 : 2,44 p
-strecker	63,56	15,93	39,37	14,2	1 : 2,60 a
Fußplantarflexor	88,28	24,18	54,67	15,43	1 : 1,73 p
-Dorsalflexor	50,81	23,22	31,60	11,23	1 : 1,73 a

Tabelle III und IV geben eine genauere Aufstellung meiner Zahlen, getrennt für Rechtser (19) und Linkser (5).

Tabelle III.

Ergebnisse von Infanteristen zweier Münchener Regimenter.

(19 Rechtser, 5 Linkser Durchschnittszahlen aus mindestens 5 Versuchen.

19 Rechtser.	R.				L.			
	Max.		Min.		Max.		Min.	
	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.
Hand-Beuger	35,4	49,0	29,1	42,4	30,5	47,8	26,4	40,0
Max.-Min.	6,3	6,6			4,1	7,8		
„ Strecker	23,8	36,4	18,8	29,2	18,6	33,1	15,0	25,1
Max.-Min.	6,0	7,2			3,6	8,0		
Vord. Arm-Beuger	29,5	46,2	24,2	41,1	26,7	42,7	24,1	38,5
Max.-Min.	5,3	5,1			2,6	4,2		
„ Arm-Strecker	18,3	29,2	14,5	25,2	16,8	32,1	14,5	26,5
Max.-Min.	3,8	4,0			2,3	5,6		
Knie-Beuger	16,2	28,7	12,9	22,0	15,4	27,3	11,5	21,7
Max.-Min.	3,3	6,7			3,9	5,6		
„ Strecker	39,8	63,2	31,6	55,0	39,5	62,8	34,2	53,8
Max.-Min.	8,2	8,2			5,3	9,0		
Fuß Plant. Flex.	57,0	94,0	49,0	84,3	54,6	88,0	48,4	77,5
Max.-Min.	8,0	9·7			6,2	10,5		
„ Dorsal Flex.	32,7	52,8	26,8	42,9	30,9	49,0	24,8	42,2
Max.-Min.	5,9	9,9			6,2	6,8		

Tabelle IV.

5 Linkser.

	R.				L.			
	Max.		Min.		Max.		Min.	
	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.
Hand-Beuger	26,42	31,85	22,75	30,89	31,76	40,65	25,35	35,2
Max.-Min.	3,67	0,96			6,41	5,45		
„ Strecker	17,3	28,7	15,9	24,17	15,81	25,22	13,57	20,64
Max.-Min.	1,4	4,53			2,24	4,58		

	R. Max. a.	R. Max. p.	R. Min. a.	R. Min. p.	L. Max. a.	L. Max. p.	L. Min. a.	L. Min. p.
Vord. Arm-Beuger	30,09	43,90	26,6	43,35	32,90	41,70	26,55	37,3
Max.-Min.	3,49	0,55			6,35	4,40		
„ Arm-Strecker	12,44	25,88	12,11	21,30	17,54	25,81	12,68	24,71
Max.-Min.	0,33	4,58			4,86	1,10		
Knie-Beuger	13,24	24,0	9,69	18,08	15,57	25,20	12,40	21,05
Max.-Min.	3,55	5,92			3,17	4,15		
„ Strecker	41,00	65,85	32,45	58,93	37,30	62,40	30,93	54,65
Max.-Min.	8,55	6,92			6,36	7,75		
Fuß Plant. Flex. (3 Messungen)	53,00	84,04	46,92	79,44	54,08	87,11	43,50	73,54
Max.-Min.	6,08	4,60			10,58	13,57		
Fuß Dorsal Flex.	33,81	52,16	28,16	43,04	29,02	49,30	24,18	38,68
Max.-Min.	5,65	9,12			4,84	10,62		

Tabelle V und VI zeigen bei den Rechtsern und Linksern die Beziehungen, die sich zwischen der r. und l. Körperhälfte finden und die der Antagonisten.

Tabelle V.

19 Rechtser.

Verhältnis in den verschiedenen Gruppen L : R.

Muskelgruppen	a.	p.
Handbeuger	1 : 1,1	1 : 1,0
-strecker	1 : 1,2	1 : 1,1
Armbeuger	1 : 1,1	1 : 1,1
-strecker	1 : 1,1	1 : 0,3
Kniebeuger	1 : 1,0	1 : 1,0
-strecker	1 : 1,0	1 : 1,0
Fußplantarflexor	1 : 1,0	1 : 1,0
-dorsalflexor	1 : 1,0	1 : 1,0

Tabelle VI.

Verhältnis der Antagonisten.

	R.		L.	
	a.	p.	a.	p.
Handstrecker: Handstrecker	1 : 1,5	1 : 1,3	1 : 1,6	1 : 1,4
Armstrecker: Armbeuger	1 : 1,6	1 : 1,6	1 : 1,6	1 : 1,3
Kniebeuger: Kniestrecker	1 : 2,4	1 : 2,2	1 : 2,5	1 : 2,3
Fußdorsalflexoren: Plantarflexoren	1 : 1,7	1 : 1,8	1 : 1,8	1 : 1,8

Tabelle VII endlich zeigt das Verhältnis der entsprechenden Muskelgruppen verschiedener Glieder.

Tabelle VII.

5 Linkser.

Verhältnis in den verschiedenen Gruppen L : R.

Muskelgruppe	a.	p.
Handbeuger	1 : 1,2	1 : 1,3
strecker	1 : 0,9	1 : 0,9
Armbeuger	1 : 1,1	1 : 0,9
strecker	1 : 1,4	1 : 1,0
Kniebeuger	1 : 1,1	1 : 1,1
— strecker	1 : 0,9	1 : 0,9
Fußplantarflexoren	1 : 1,0	1 : 1,0
dorsalflexoren	1 : 0,9	1 : 0,9

Ein Vergleich der Tabellen I und II ergibt eine ziemlich gute Uebereinstimmung, nur die Werte für Kniestrecker überwiegen in der I. Tabelle ziemlich bedeutend. Eine größere Versuchsreihe würde diese Zahlen noch mehr einander nähern, um so mehr, als das Verhältnis der Antagonisten gut zu einander paßt. Mit den Werten der anderen Autoren ist die Uebereinstimmung eine weniger gute, die Baudonin's und Français's sind die ähnlichsten, nur ist dort ein sehr bedeutendes Plus bei den Fuß-Plantarflexoren.

Tabelle VIII.

Verhältnis der Antagonisten.

	R.		L.	
	a.	p.	a.	p.
Handbeuger: Handstrecker	1 : 1,5	1 : 1,1	1 : 2,0	1 : 1,6
Armstrecker: Armbeuger	1 : 2,4	1 : 1,7	1 : 1,9	1 : 1,6
Kniebeuger: Kniestrecker	1 : 3,1	1 : 2,7	1 : 2,4	1 : 2,4
Dorsalflexoren: Plantarflexoren	1 : 1,6	1 : 1,6	1 : 1,9	1 : 1,8

Auffallend ist das bedeutende Ueberwiegen der passiven über die aktiven Werte, es schwankt zwischen 30 und 40 %. Bei der Untersuchung zeigt sich ferner eine viel geringere Ermüdbarkeit, sowohl was die Leistung angeht (dem gleichen Maximalgewicht kann viel öfter Widerstand geleistet werden als aktiv dasselbe Maximum gehoben werden kann) als auch für das subjktive Empfinden der Versuchsperson.

Verhältnis der entsprechenden Muskelgruppen verschiedener Glieder

	19 Rechtser				5 Linkser			
	R.		L.		R.		L.	
	a.	p.	a.	p.	a.	p.	a.	p.
Armbeuger : Kniebeuger	1,8	1,6	1,7	1,7	2,3	1,8	2,1	1,7
Kniebeuger : Fußbeuger	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3
Armstrecker : Kniestrecker	0,5	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4
Kniestrecker : Fußstrecker	1,2	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3
Handbeuger : Fußbeuger	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5
„ : Armbeuger	1,2	1,1	1,1	1,1	0,9	0,7	1,0	1,0
Handstrecker : Fußstrecker	0,7	0,7	0,6	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3
„ : Armstrecker	1,3	1,3	1,1	1,0	1,4	1,1	0,9	1,0

Zahlen der verschiedenen Arbeiten für maximale Kraftleistung.

	passiv		aktiv				
	v. Stauf.	Feibes	v. Stauf.	Feibes	Baudouin	Pitres	Friedländer
Handbeuger	40	42,3	31,0	31,0	—	—	—
-strecker	22	30,8	16,0	18,3	—	—	—
Armbeuger	45	43,6	32,0	29,8	38	—	—
-strecker	33	28,3	21,0	16,3	20	—	—
Kniebeuger	30	26	18,0	15,1	15	32,7	40
-strecker	86	63,6	56,0	39,4	42	—	36
Plantarflexoren	91	88,3	66,0	54,7	100	—	—
Dorsalflexoren	57	50,8	36,0	31,6	30	—	—

Beziehungen der Antagonisten.

	v. Stauf.	Feibes	Baudouin
Handbeuger : Handstrecker	1 : 1,9	1 : 1,6	—
Armstrecker : Armbeuger	1 : 1,5	1 : 1,8	1 : 1,8
Kniestrecker : Kniebeuger	1 : 3,1	1 : 2,6	1 : 3
Dorsalflexoren : Plantarflexoren	1 : 1,8	1 : 1,7	3 : 1

Auffallender Weise tritt durch die passive Prüfung häufig eine Erleichterung für die aktive Leistung ein; schließt man an eine passive Versuchsreihe, die zum Absinken der Leistung führte, noch unmittelbar eine aktive an, so erreicht man dann etwas höhere Werte als die maximalen bei der vorausgegangenen Reihe, die mit Ermüdung endete, und diese Werte sind auch höhere als sie durch eine gleichlange Ruhepause hätten werden können.

Die Höhe der passiven Leistung ist weitgehend unabhängig von der Schnelligkeit, mit der das Gewicht abläuft, also von der Zeiteinheit, in der das Gewicht wächst. Einen fördernden Einfluß auf die Leistung hat die Steigerung von kleinen Anfangsgewichten an, d. h. wenn die willkürliche Anfangskontraktion mit der der Hebel gegen das Widerlager gehalten wird, möglichst gering zu sein braucht, denn es muß dem Muskel Zeit gelassen werden, seine Maximalleistung zu erreichen. Natürlich darf die Versuchsdauer nicht zu sehr verlängert werden.

Wie nun die Differenz zwischen den Ergebnissen der aktiven und passiven Prüfung zu erklären ist, ob sie einer verschiedenen Muskelinnervation entspricht, oder ob sie durch verschiedene Muskelarten bedingt ist, kann ich nicht entscheiden.

Merkwürdig ist auch ein Vergleich der Werte beider Körperhälften. Zunächst ist bei den Rechtsern das Ueberwiegen der r. Seite stärker als bei den Linksern das der l. Seite. Dann zeigt sich auch bei uns wie schon bei anderen Autoren, daß die unteren Extremitäten zum wenigsten bedeutend geringere Unterschiede zeigen, öfter sogar ein deutliches Ueberwiegen der linken Seite. Bei den passiven Werten ist das besonders auffallend.

Betrachtet man die Ergebnisse unserer Methodik auf ihre Brauchbarkeit zu diagnostischen Zwecken, so kann da noch kein sicheres Urteil abgegeben werden.

Die Leistungsfähigkeit einer bestimmten Muskelgruppe scheint bei Gesunden ziemlich weit zu spielen, im Verhältnis zu ihren Antagonisten scheint sich aber eine gewisse Grenze ziehen zu lassen. Ebenso scheint der Vergleich zwischen Aktiv und Passiv eine Handhabe zu bieten.

Die einzelnen Muskelgruppen scheinen mir in ihrer Leistungsfähigkeit in einer bestimmten Beziehung zu stehen, die Ungleichmäßigkeiten meiner Tabelle VII würden sich wohl bei einer größeren Zahl von Versuchspersonen verlieren.

Daß auch das Verhältnis von R : L eine brauchbare Stütze abgeben kann für die klinische Verwertbarkeit, scheint mir wahrscheinlich zu sein. Das untersuchte pathologische Material soll hier nicht besprochen werden.

Zum Schlusse ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Geheimrat Professor Dr. v. Müller für die Uebernahme des Referates und Herrn Privatdozent Dr. Freiherr Schenck v. Stauffenberg, sowie Herrn Stabsarzt Dr. v. Heuß für das gütigst überlassene Material meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

A. Baudouin und H. Français, Angaben über dynamometrische Arbeiten. Revue neurologique 1911.

A. Binet und N. Vaschide, Versuche zur Bestimmung der Kraft mit Dynamometern und Kritik der Dynamometer. L'année psychologique 1898.

Désagulies, Cours de physique experimentale traduit de Langlais par le R. P. Pezenas. Paris 1751.

Donnat-Cattin, Note sur un dynamomètre musculaire. Société de Biologie 1904.

Duchenne (de Boulogne), Dynamomètre médical destiné à mesurer la force de chacun des mouvements partiels. Bulletin de l'académie de medicin Tome 28 Paris 1863.

A. Fick, Mechanische Arbeit und Wärmeentwicklung bei der Muskelarbeit. Leipzig 1882.

A. Fick, Myographische Versuche an lebenden Menschen. Archiv für die gesamte Physiologie 41. 1887 p. 176.

A. Fick, Ein zu physiologischen Versuchen verwendbares Dynamometer. Archiv für die gesamte Physiologie 50. 1891. p. 189.

Friedländer, Ueber den Kraftverlust der nicht gelähmten Glieder bei cerebraler Hemiplegie. Neurologisches Centralblatt 1883.

Hermann, Handbuch der Physiologie 1 (1) 64. Leipzig 1879.

Hermann, (absolute Muskelkraft) Archiv für die gesamte Physiologie 73. 1818.

M. Herz, Lehrbuch der Heilgymnastik 1903.

Horner, Dynamometer. Gehler's physikalisches Wörterbuch. Leipzig 1826.

Kérandren, Dynamometer. Dictionaire des sciences médicalis. Paris 1814.

A. Knoblauch, Das Wesen der Myasthenie und die Bedeutung der „hellen" Muskelfasern für die menschliche Pathologie. Frankfurter Zeitschrift für Pathologie 2. 1909.

Landois-Rosemann, Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

Ledderhose, Ein neues Dynamometer. Monatsschrift für Unfallheilkunde 16. Leipzig 1909.

Mosse, Archiv für Anatomie und Physiologie 1890.

G. E. Müller, Zeitschrift für Psychologie 1. 1893.

R. Müller, Philosophische Studien 17. 1901.

W. Nagel, Handbuch der Physiologie des Menschen. Braunschweig 1907.

Fr. Pick, Demonstration einer Vorrichtung zur Dynamometrie der unteren Extremitäten. Verhandlungen des XV. Kongresses für innere Medizin. Berlin 1897.

Pitres, Note sur l'état des forces chez hemiplegiques. Archive de neurologie 1882.

Quetelet, Physique sociale. Paris 1834.

Quetelet, Anthropometrie. Paris 1869.

J. B. Régnier, Considérations sur la force musculaire etc. Thése de docterat. Paris 1802. (citiert nach A. Baudonin und Français.)

Richet, Dynamometer. Dictionaire de Physiologie.

Sternberg, Ein handliches Dynamometer. Neurologisches Centralblatt 1907.

Tigerstedt, Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

Z. Treves, Archiv für die gesamte Physiologie 1899 und 1902.

J. v. Uexkill, Studien über den Tonus. Zeitschrift für Biologie (44) 26 München und Berlin 1903.

G. Valentin, Lehrbuch der Physiologie des Menschen Bd. 1, Braunschweig 1844.

Ed. Weber, im Wagner's Handbuch der Physiologie 3 II 1846.

W. Wundt, Die Lehre von der Muskelbewegung. Braunschweig 1858.

Zuntz, Archiv für Physiologie 1899.

Lebenslauf.

Ich, Heinrich Feibes, wurde am 31. 8. 1891 in Münster i. W. geboren, besuchte dort die Vorschule und das Gymnasium Paulinum, das ich Ostern 1910 mit dem Zeugnis der Reife verließ und widmete mich dem Studium der Medizin an den Universitäten Münster, München und Berlin. Die ärztliche Vorprüfung legte ich in Münster S. S. 1912 ab, das ärztliche Schluß-Examen in München im August 1915. Im Sommerhalbjahr 1910 genügte ich meiner Dienstpflicht mit der Waffe im Inf.-Regt. Herwarth v. Bittenfeld, 1. Westf. Nr. 13. Vom 2. September 1915 ab war ich als Feldunterarzt im Reservelazarett Münster i. W. tätig, wurde dann zur Vollendung meiner Studien und zur Ablegung des Schlußexamens beurlaubt und bin jetzt im Reserve-Lazarett Bedberg-Hau bei Cleve ebenfalls als Feldunterarzt beschäftigt.